

# ВОДНО-СОЛЕВОЙ ОБМЕН У ВОДНЫХ ОРГАНИЗМОВ

По степени солёности водоемы условно подразделяются на пресные с солёностью менее 0,5 ‰, солоноватоводные – солёность 0,5-16 и солёные – больше 16‰.

Солёность океана 32-38‰.

По характеру водносолевого обмена гидробионты делятся на пресноводных и морских.

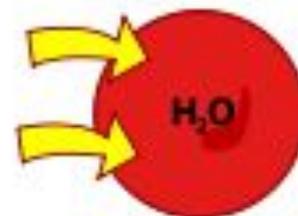
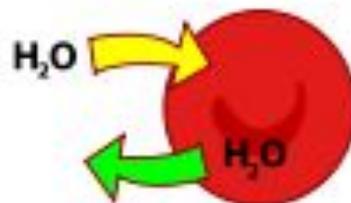
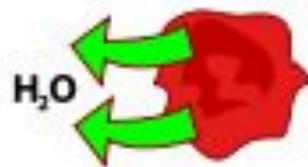
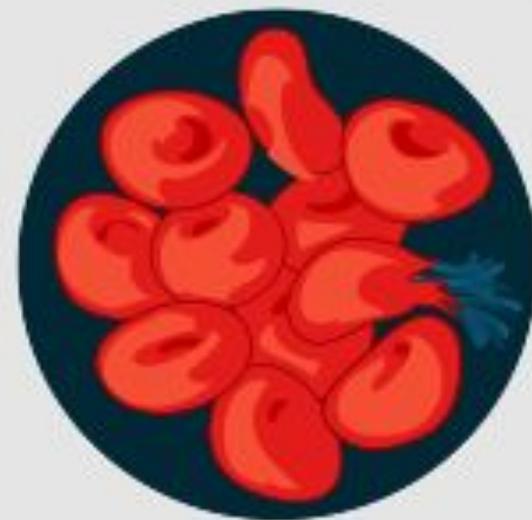
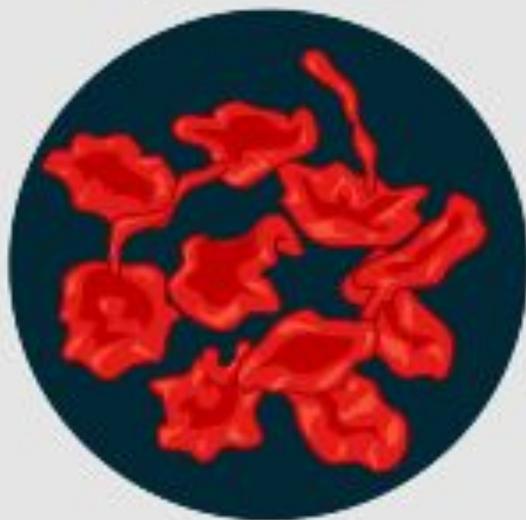
У большинства морских обитателей концентрация солей в организме близка к морской воде – такие живые организмы называются ИЗОТОНИЧНЫМИ.

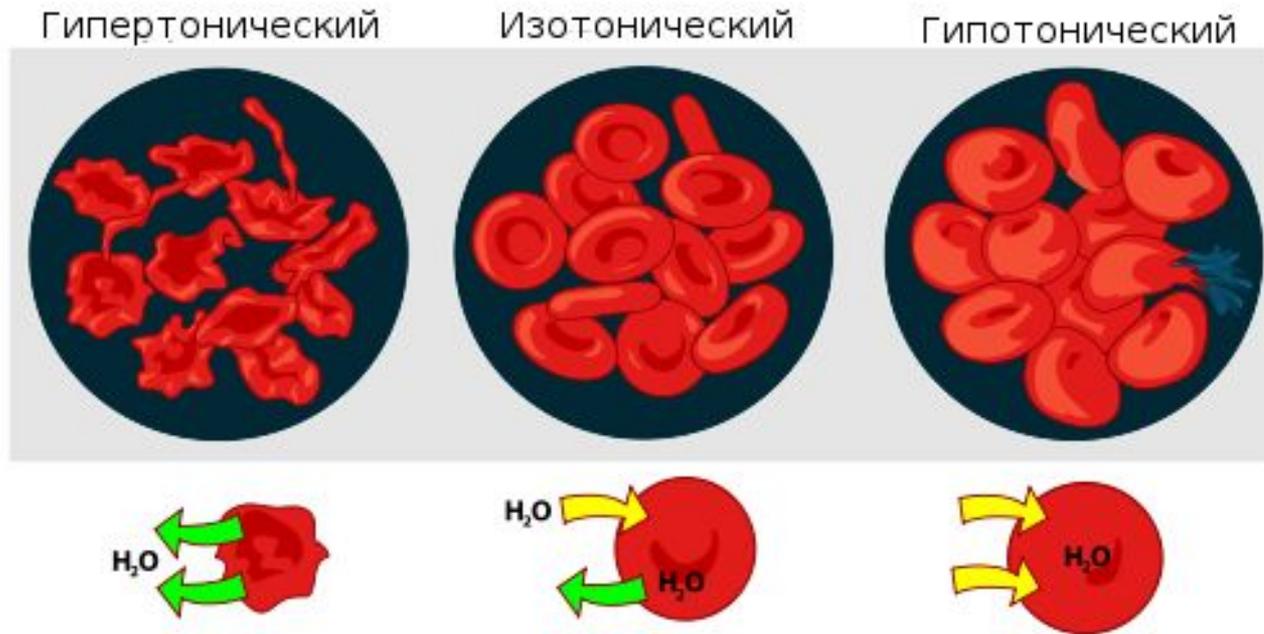
Абсолютная изотоничность свойственна кишечн­полостным и игло­кожим.

Гипертонический

Изотонический

Гипотонический





У большинства беспозвоночных наблюдается некоторое повышение осмотического давления внутренней среды организма (гипертоничность), это обеспечивает постоянный приток в организм воды для уравнивания процессов выделения.

Если осмотическое давление внутренней среды организма ниже, чем в морской воде, то это гипотоничность.

## *Механизмы осморегуляции:*

Многие водные организмы, живущие в гипертрофированной среде (**морская вода**), теряют воду путем осмоса и поглощают растворенные вещества путем диффузии.

Потеря воды возмещается питьем, приемом пищи. При этом **повышается концентрация солей, их избыток удаляется путем активного транспорта.**

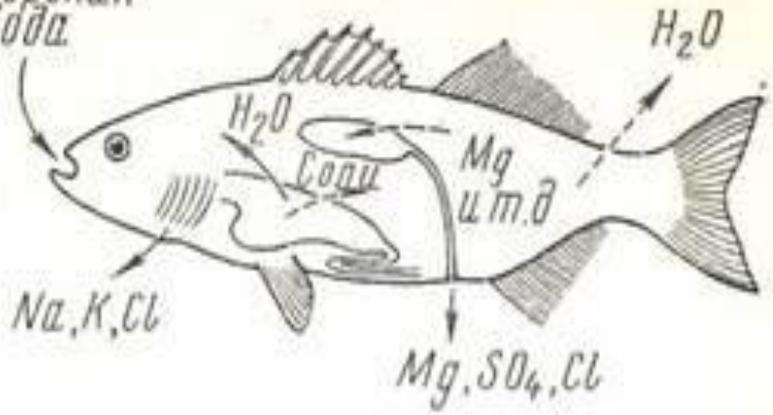
Организмы, живущие в гипотонической среде, **поглощают воду путем осмоса и теряют растворимые вещества путем диффузии.** Потеря солей возмещается путем активного поглощения.

Только пища



1

Морская вода



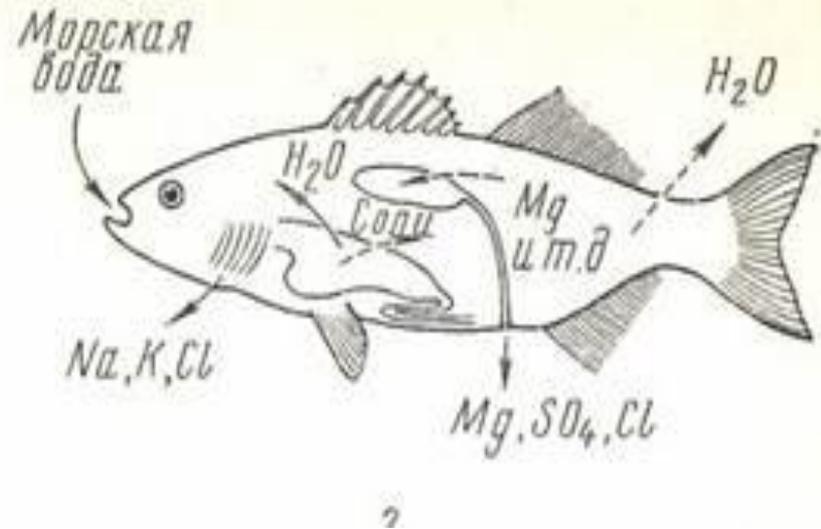
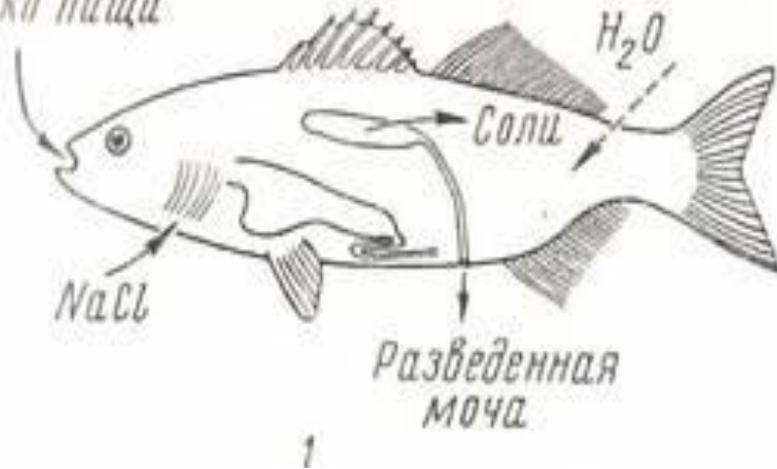
2

Соленость внутренней среды пресноводных рыб (слева) значительно выше, чем пресной воды. Поэтому для поддержания ее постоянства рыбе необходимо удалять большое количество воды, проникающей в организм через внешние покровы, а также поглощать минеральные элементы (Na, K, Cl и др.) из низкоминерализованной пресной воды.

Напротив, у морских рыб (справа) соленость внутренней среды ниже, чем морской воды. Поэтому ей приходится поглощать большое количество воды и удалять из организма содержащиеся в ней минеральные элементы.

## Пресноводная осморегуляция

Только пища

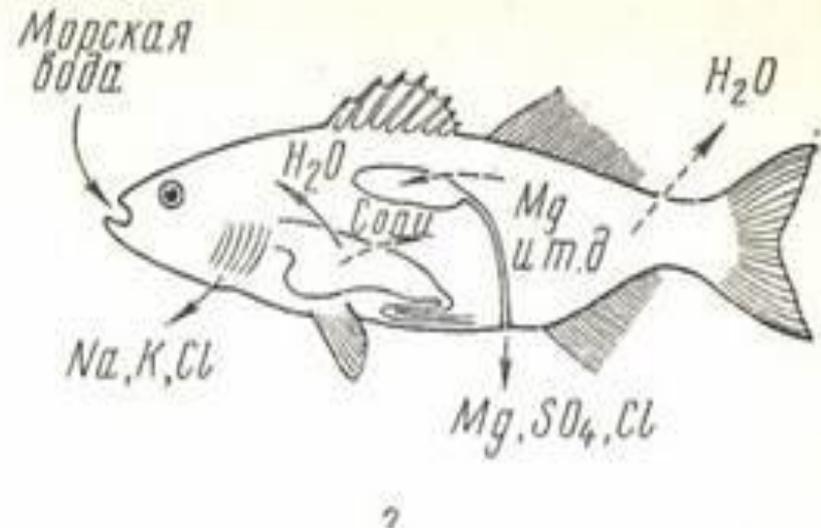
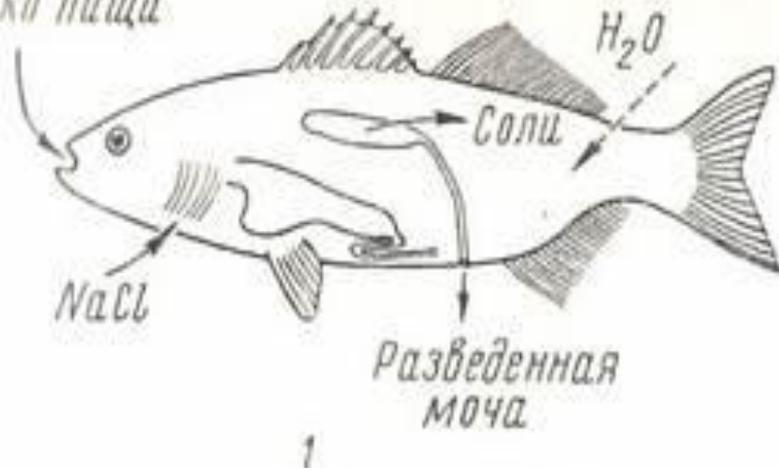


Среди пресноводных нет изотоничных форм, концентрация жидкости в их клетках и тканях выше, чем в окружающей среде.

**Пресноводные гидробионты гипертоничны, они должны постоянно поддерживать осмотическое давление внутренней среды организма. Они гомойосмотичные.**

## Пресноводная осморегуляция

Только пища



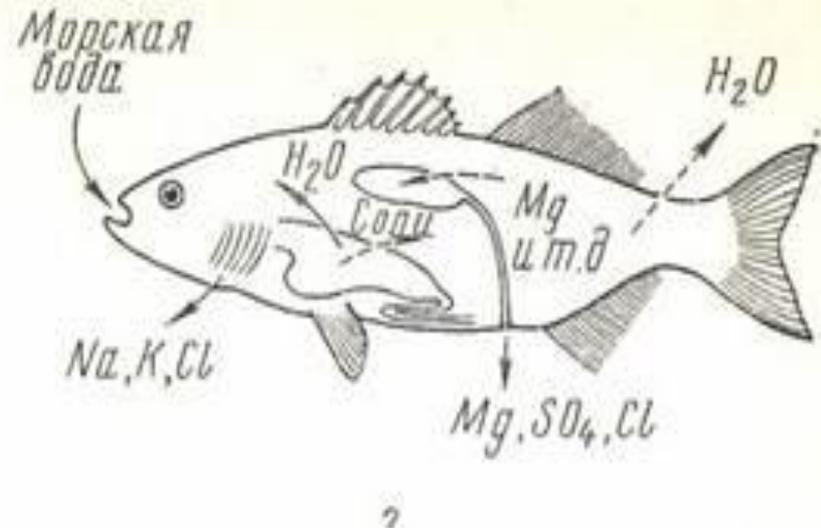
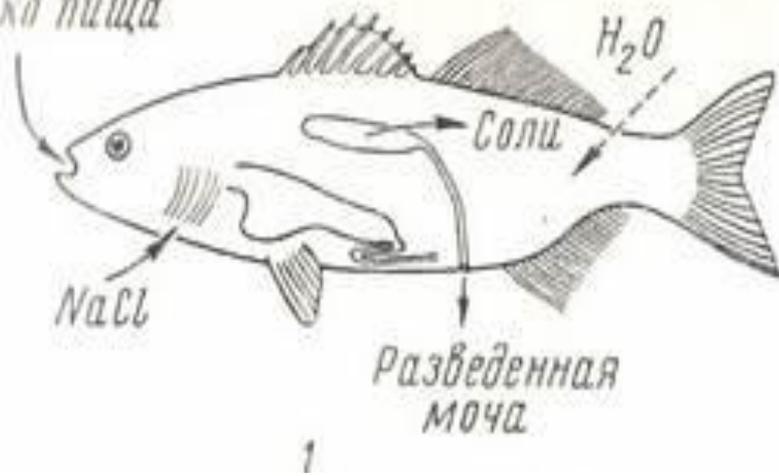
Механизмом поддержания постоянства осмотического давления является активное выделение избытка воды через почки.

Вода поступает в организм пресноводных гидробионтов осмотическим путем через жабры и слизистую пищеварительного тракта.

Почки и жабры представляют собой осморегуляторный механизм.

# Пресноводная осморегуляция

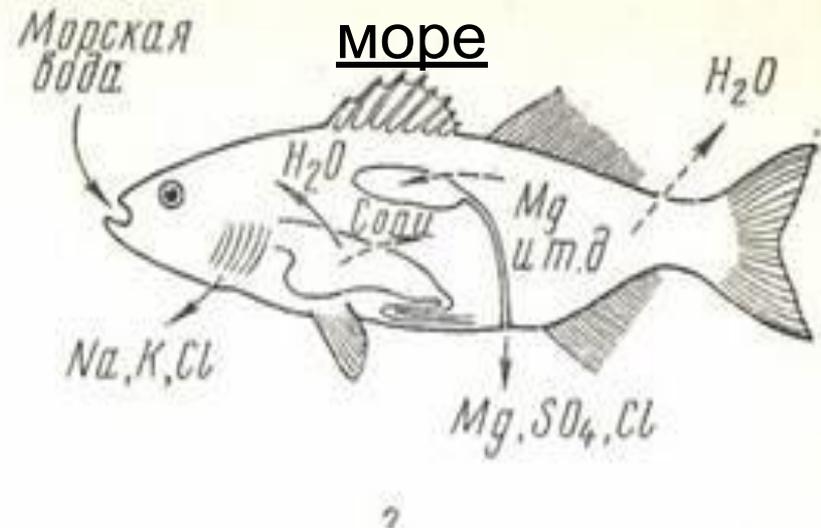
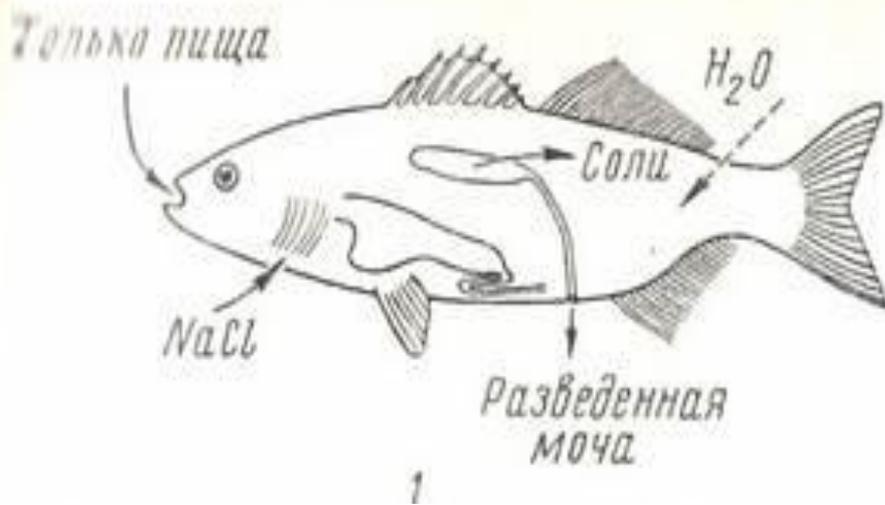
Только пища



Потери солей с мочой и экскрементами компенсируются активным переносом ионов из окружающей среды против градиента концентрации.

Процесс поступления солей идет через всю поверхность тела, жабры и с пищей.

## Осморегуляция в море

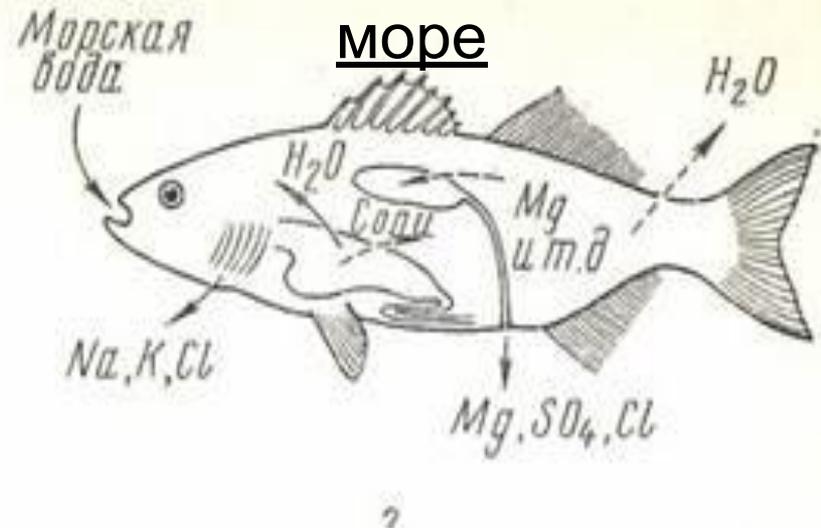


### 1 Костные рыбы

Задачи осморегуляции в море обратны пресноводному типу: в море концентрация солей несколько выше, чем в организме. Поэтому в результате осмоса организм постоянно обезвоживается.

Фильтрационная функция почек, направленная на усиленное выведение воды, у морских костных рыб ослаблена. Но **снижение уровня почечной фильтрации не компенсирует потери воды,**

## Осморегуляция в море



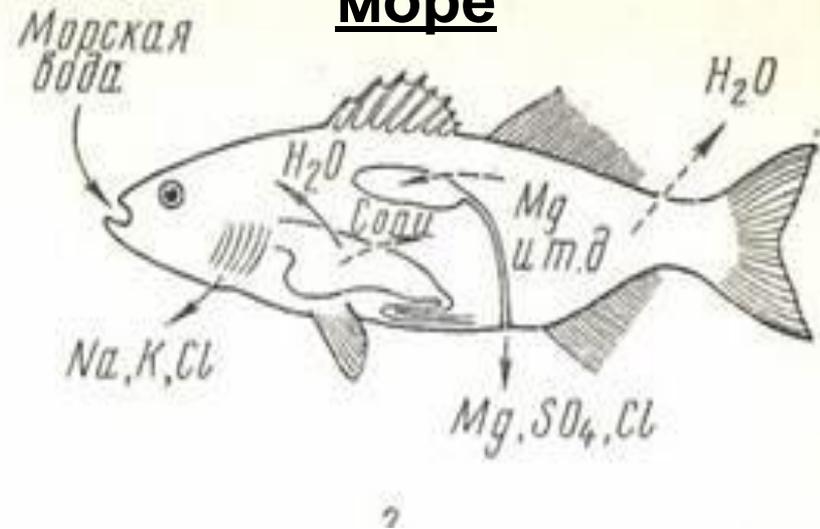
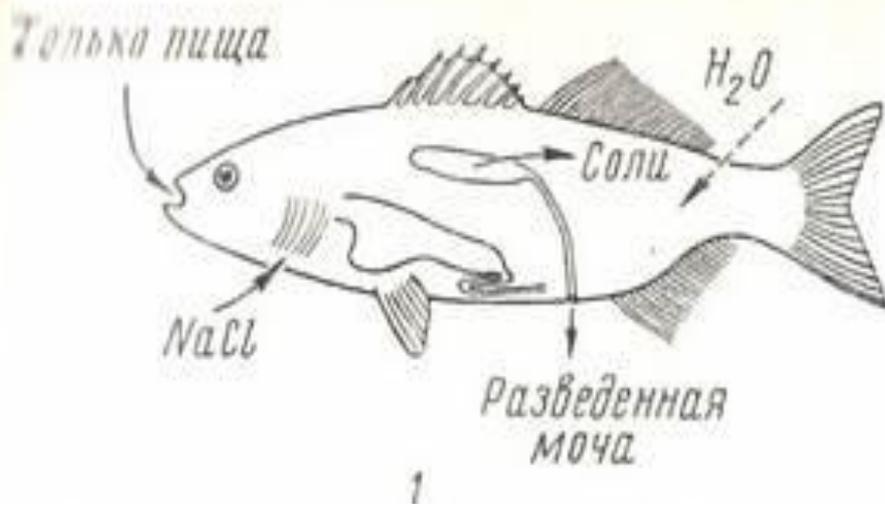
### 1 Костные рыбы

Реабсорбция ионов в почечных канальцах морских костных рыб резко снижена, но зато здесь происходит интенсивное обратное всасывание воды из состава первичной мочи.

Избыток солей выводится через почки с мочой, кишечник с фекалиями, жабры.

Через почки и кишечник выводятся двухвалентные

## Осморегуляция в море

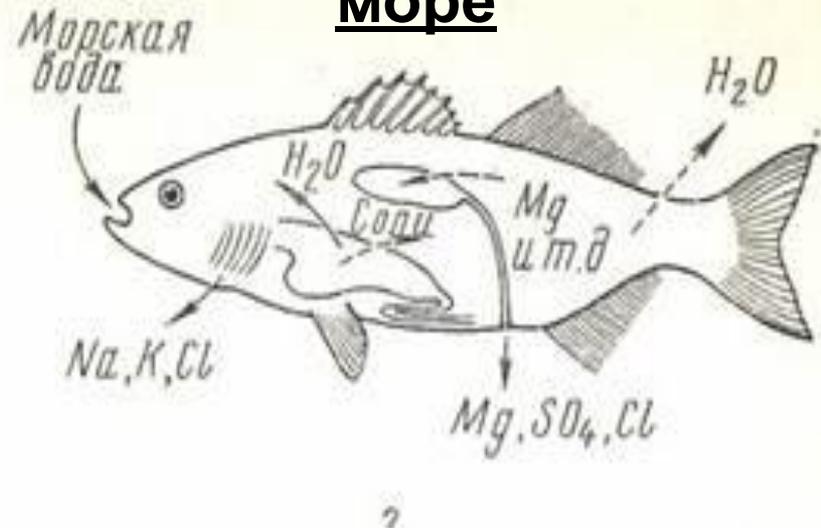
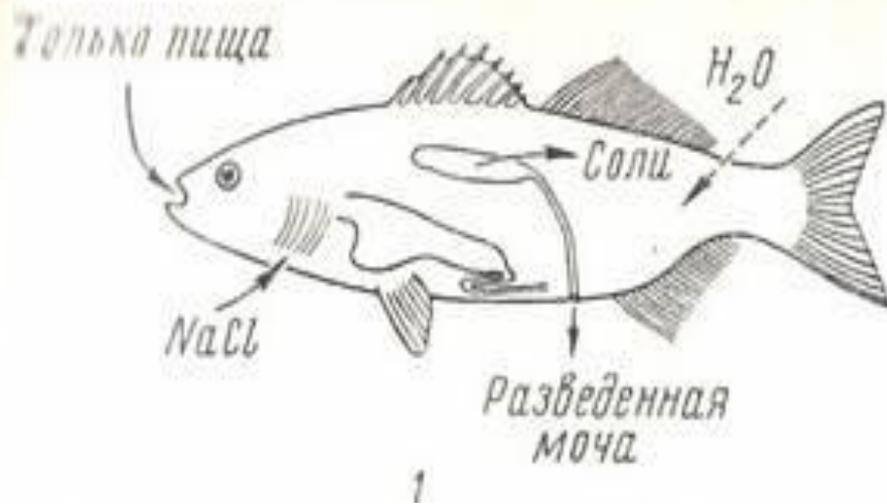


## 2 Хрящевые рыбы

Концентрация солей в крови хрящевых рыб, также как и у костных рыб, ниже, чем в морской воде. Но **осмотическое давление жидкостей тела у этих рыб слегка превышает осмотическое давление морской воды**, т.е. они гипертоничны по отношению к среде обитания.

Достигается это тем, что, **во-первых, в почечных канальцах хрящевых рыб идет активная реабсорбция мочевины, и до 70-99% мочевины возвращается из первичной мочи в кровь**, повышая ее суммарное осмотическое давление.

## Осморегуляция в море



## 2 Хрящевые рыбы

Во-вторых, в крови хрящевых рыб накапливается триметиламиноксид (ТМАО), обладающий высокой осмотической активностью.

Хрящевых рыб называют метизотоническими животными, т.е. промежуточными между гомойо- и пойкилоосмотическими формами.

## Осморегуляция и жизненный цикл

Чаще всего, даже если система осморегуляции животного развита хорошо, это не относится к его же молодежи (малькам, личинкам первых возрастов и т.п.). Уже потому, что они мельче, имеют более тонкие покровы и более быстрый метаболизм. Поэтому **организмы организуют свое размножение и жизненный цикл так, чтобы молодь обитала (по возможности) в условиях стабильного соленостного оптимума.**

Яйцам легче, чем молодежи – как правило, их желточная оболочка устроена так, что почти непроницаема для ионов и даже воды.

Кстати, по тому, где живет молодь у данного вида, легко понять, какого он происхождения. Виды пресноводного происхождения размножаются в пресной воде, даже если потом живут в морской (как осетровые и лососевые рыбы, а также солоноватоводные жуки и клопы). Наоборот, выходцы из моря плывут размножаться в море, даже если живут в реках и эстуариях (как угорь, многие солоноватоводные крабы и креветки *Macrobrachium*).

Как уже можно догадаться, практически у всех животных осморегуляция и выделение продуктов собственного обмена веществ не просто тесно взаимосвязаны, но отчасти обеспечиваются работой одной и той же (выделительной) системы. Выделение, таким образом, параллельно решает два вопроса: удаление излишних солей (у морских животных) или воды (у пресноводных) и удаление излишних продуктов разложения пищи.

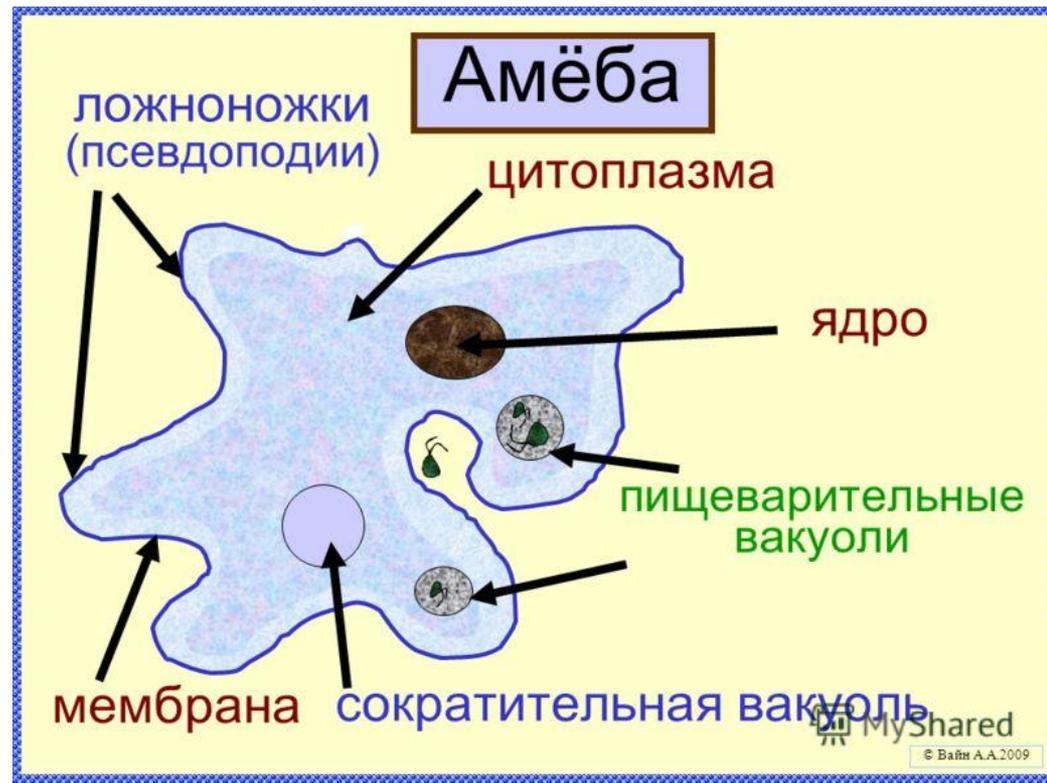
Кратко о том, что получается при разложении пищи. Пища – это в основном углеводы, белки, жиры и сопутствующая им вода. При ее окончательном (клеточном) разложении больше всего получается воды и углекислоты. Излишки воды опять же удаляются выделительной системой, но с ними все понятно. Удаление углекислоты (и получение молекулярного кислорода для дальнейшего разложения пищи) – забота дыхательной системы. Кроме того, высвобождается энергия (которая и является целью всего процесса – она затем запасается с помощью АТФ и используется на всевозможную жизнедеятельность). Но еще все белки содержат довольно много азота, а его в воде не растворишь и с газами не выведешь. Поэтому азот специально переводится в удобные для растворения соединения и выбрасывается через выделительную систему. Эти соединения у разных животных – аммиак, мочевины и мочевая кислота. Аммиак создать проще, но он токсичен и не должен накапливаться в больших концентрациях, для его разбавления и выведения расходуется много воды. Это путь пресноводных животных, которым воду экономить не приходится. Мочевину можно выводить в больших концентрациях с меньшим числом воды (так делают, например, морские хрящевые рыбы и млекопитающие). Мочевую кислоту можно водой почти не разбавлять, это путь наиболее жесткой экономии воды (используется в основном у наземных животных – наземных рептилий и птиц).

Итак, какие структуры породила эволюция для выделения и осморегуляции?

Это не помешало им приспособиться как к морским, так и к пресным водам, но эвригалинных форм среди них мало.

Основные органы выделения – сократительные вакуоли, выпрыскивающие во внешнюю среду

**Простейшие** (одноклеточные организмы) имеют лишь один барьер осморегуляции – клеточный.



# Губки и кишечнополостные.

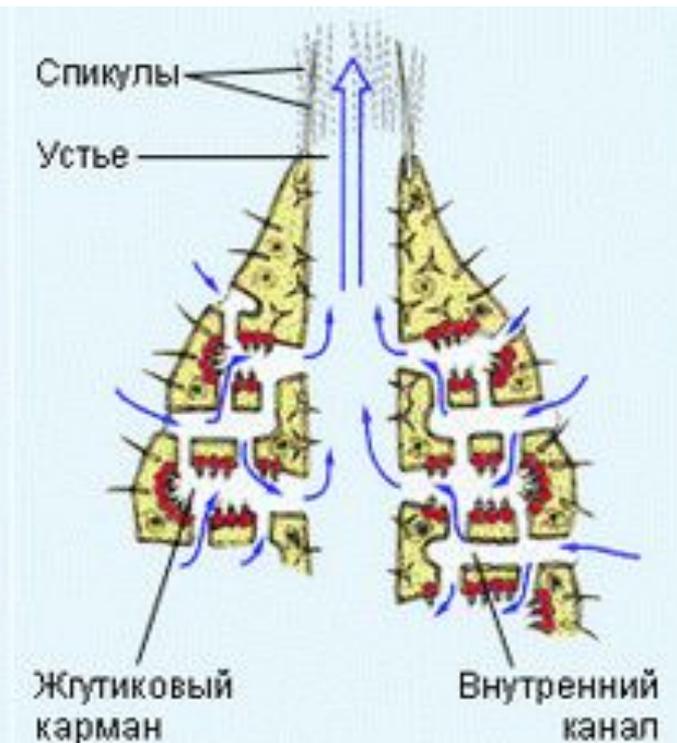
Не имеют специальных систем выделения, кроме тех, которые создают ток воды через их ткани (у губок).

Фактически, каждая клетка имеет дело непосредственно с внешней средой и выводит продукты своего обмена прямо в нее (как и у простейших).

Эвригалинных губок и кишечнополостных, кажется, нет.



Аскон



Сикон

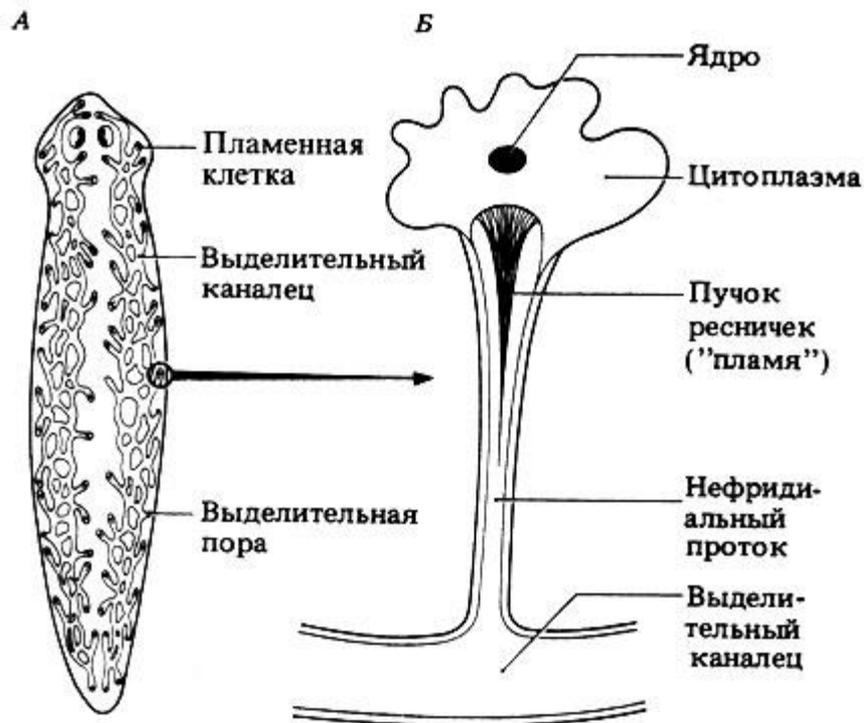


Лейкон

## Плоские и круглые черви.

Снабжены протонефридиями – многоклеточными аналогами сократительных вакуолей, накапливающими межклеточную жидкость и выпрыскивающими ее вовне.

Осморегуляции тут тоже нет, с одной существенной оговоркой: кутикула многих нематод достаточно слабопроницаема даже для воды, что позволяет им легко выдерживать временные изменения солености (например, в эстуариях) и проявлять, таким образом, известную эвригалинность.



## Кольчатые черви.

Имеют метанефридии, в которые поступает жидкость из целомической полости, и имеющие систему дополнительной закачки ионов обратно в кровь (в пресной воде, где их нужно экономить) или из крови в нефридий (в морской воде, где от них нужно избавляться).

Все же способности аннелид к осморегуляции довольно слабы, и эвригалинных форм среди них мало.



## **Моллюски.**

Имеют **специальный орган (почку)** для накопления полостной жидкости и вторичной ее трансформации (закачки или откачки нужных ионов).

Жидкость в почку фильтруется из кровеносной системы, а из почки выводится в мантийную полость.

Мягкие и очень проницаемые покровы моллюсков не способствуют эффективной осморегуляции. Существенных успехов в этом направлении достигли только те, кто применяет в качестве дополнительных покровов раковину (которая непроницаема ни для чего вообще).

Брюхоногие и двустворки, с хорошо развитой раковиной, имеют довольно много пресноводных видов (с эффективной гиперосмотической регуляцией), и даже немного эвригалинных (хотя в ограниченных пределах).

Напротив, головоногие, отказавшиеся от раковины,

# Иглокожие.

Не имеют никаких систем осморегуляции и не способны адаптироваться к изменениям солености.

Более того – за всю свою эволюцию они так и не смогли выйти в пресные и даже солоноватые воды.

## Ракообразные.

Обычно имеют свой аналог почек – так называемые антеннальные, или зеленые железы, открывающиеся на голове.

Они также накапливают фильтрат из крови, вылавливают из него ценные ионы и выбрасывают наружу. Кроме того, у многих видов активный транспорт ионов из воды в кровь осуществляет эпителий жабр.

Однако, способность к осморегуляции в пределах класса очень сильно варьирует – от мелких морских рачков, практически не имеющих ни кровеносной, ни почечной системы и полностью пойкилоосмотичных, до пресноводных и наземных форм с существенной осморегуляцией, вплоть до абсолютно эвригалинных жаброногов *Artemia*.

Больше всего эвригалинных форм именно среди ракообразных.

## **Насекомые.**

Поскольку возникли на суше, изначально имеют мощные системы экономии влаги – плотные наружные покровы (почти не пропускающие даже воду) и так называемые мальпигиевы сосуды, удаляющие продукты азотистого обмена в очень концентрированном виде, почти без воды.

В крови насекомых много мочевины, что позволяет поддерживать высокую осмотичность крови при дефиците неорганических ионов. При этом насекомые плохо приспособлены к активному удалению ионов и почти не живут в море, но прекрасно заселяют пресные воды, главным образом на стадии личинок.

У пресноводных личинок для дыхания обычно развиты специальные тонкопокровные выросты (жабры); в них же происходит активная закачка ценных ионов из воды.

Некоторые виды насекомых вышли также в солоноватые воды, а несколько видов – даже в гипергалинные (пересоленные), осуществляя гипоосмотическую осморегуляцию.

## **Рыбы.**

Также имеют хорошо развитые почки, осуществляющие активный транспорт ионов в нужном направлении и обеспечивающие эффективную осморегуляцию.

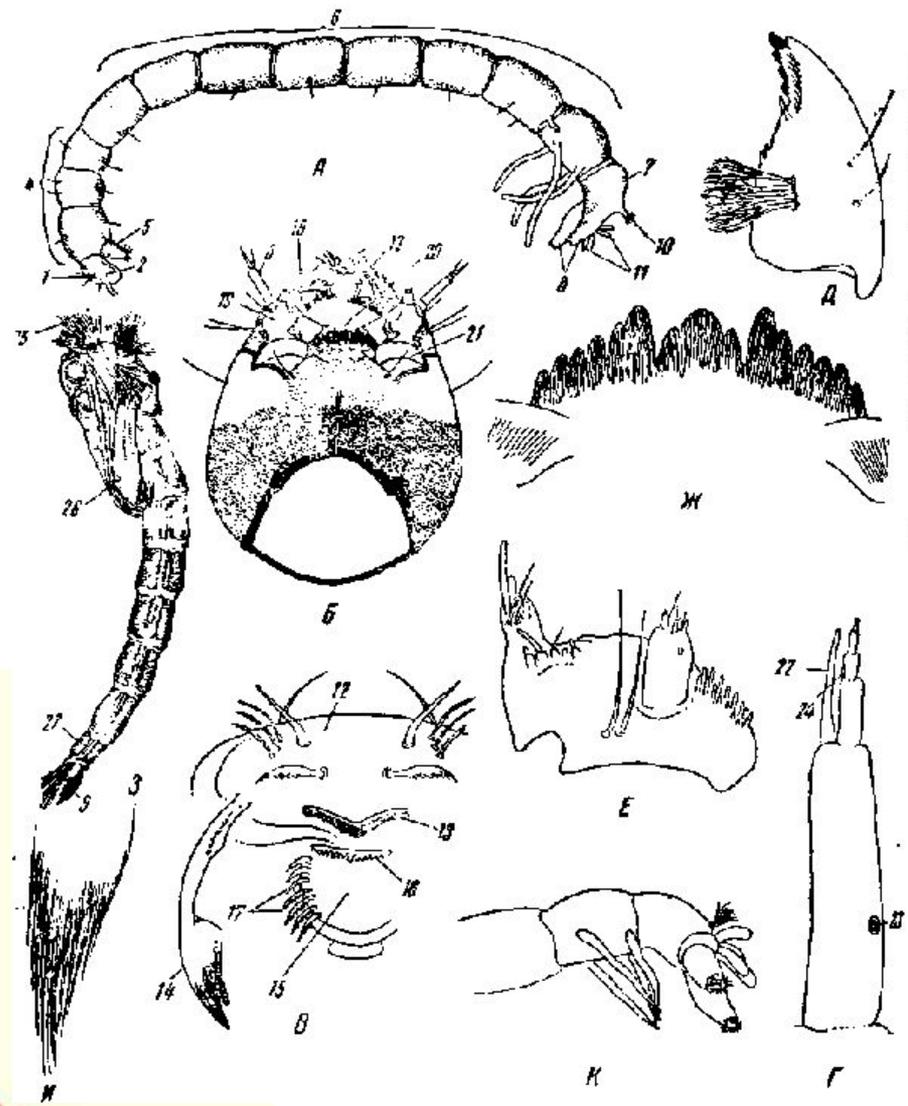
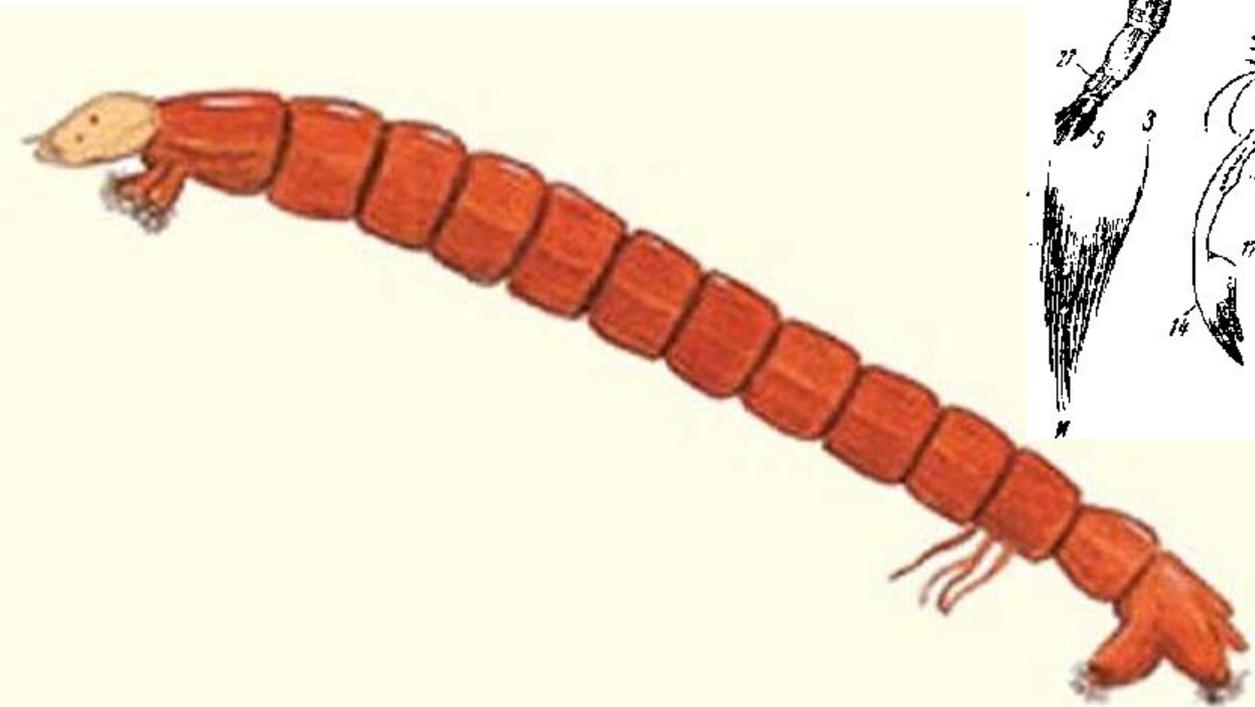
Покровы рыб не очень плотны, зато относительно большие размеры помогают поддерживать неплохой ионостаз.

Рыбы не только дали большое число как морских, так и пресноводных видов.

Некоторые из них, словно насмехаясь над проблемой осморегуляции, активно мигрируют из морей в реки и обратно (как лососи), а также заселяют эстуарии (как колюшки и камбалы).













<http://ashipunov.info/shipunov/school/sch-ru.htm>